

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Návrh linky pro galvanické pokovování

Proposal of Lines for Galvanic Metal Plating

Student:

Milan Holínek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Milan Holínek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh linky pro galvanické pokovování**
Proposal of Lines for Galvanic Metal Plating

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte technologii galvanického pokovování včetně nových trendů.
2. Prostudujte vlastnosti galvanických povlaků.
3. Navrhněte galvanickou linku pro vybraný galvanický povlak.
4. Zpracujte kapacitní propočty pro navrženou galvanickou linku.
5. Zpracujte technicko - ekonomické zhodnocení včetně technické zprávy.

Seznam doporučené odborné literatury:

MOHYLA, M.: *Technologie povrchových úprav kovů*. Učební texty VŠB – TU Ostrava, 2006. 3. vydání. 156 s. ISBN 80-248-1217-7.

BARDAL, E.: *Corrosion and Protection*. Springer - Verlag London Limited, 2004. 315 s. ISBN 1-85233-758-3.

www.aitec.cz

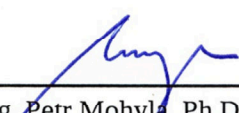
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 14. 5. 2014



.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 14. 5. 2014



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Milan Holínek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Závořická 561, 789 69 Postřelmov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HOLÍNEK, M. *Návrh linky pro galvanické pokovení: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 49s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

V této práci jsou uvedeny teoretické technologické postupy pro galvanické pokovení. U jednotlivých kroků jsou uváděny chemické přípravky, které lze pro jednotlivé procesy použít. U typů zinkovacích lázní jsou uvedeny jejich výhody a nevýhody. Teoreticky je navržena linka pro ruční zinkování. Z navržené linky by měl vycházet zinkový povlak s následným černým chromátováním nebo se silnovrstvou pasivací. Povlak se následně utěsňuje v laku pro zvýšení korozivzdornosti a přilnavosti nátěrových systémů. Pro tento návrh je vypracován technologický postup, kapacitní kalkulace linky a cenová kalkulace pro zřízení linky do provozuschopného stavu. V závěru je uvedeno celkové zhodnocení a změny, při kterých by se zvýšila kapacita linky.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HOLÍNEK, M. *Proposal of Lines for Galvanic Metal Plating: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 49p. Thesis head: doc. Ing. Jitka Podjuklová, CSc.

In this thesis are given theoretical techniques for electroplating. In the individual steps are listed chemicals which can be used for each process. At various types galvanizing baths are list their advantages and disadvantages. Theoretically, it is designed for manual galvanizing line. The proposed line would be based the zinc coating followed by black chromate conversion coating or thick passivation. The coating is then sealed in the paint to increase corrosion resistance and improve adhesion of paint systems. For this proposal is designed technological process, the capacitance calculation of the line. Pricing for the construction the line in working condition. In the conclusion, the overall assessment of a change in which would increase the capacity of the line.

Obsah

Seznam použitých značek, symbolů a zkratk	- 8 -
1) Úvod	- 9 -
2) Technologické postupy	- 10 -
2.1 Pro slabě kyselé zinkovací lázně:	- 10 -
2.2 Pro alkalické kyanidové zinkovací lázně:	- 11 -
2.3 Pro alkalické bezkyanidové zinkovací lázně:	- 11 -
3) Povrchové předúpravy	- 12 -
3.1 Odmaštění	- 13 -
3.1.1 Hrubé chemické odmaštění	- 16 -
3.1.2 Elektrolytické katodické a anodické odmaštění	- 17 -
3.2 Moření	- 18 -
3.3 Dekap – Aktivace	- 20 -
4) Galvanické pokovení	- 20 -
4.1 Galvanické zinkování	- 22 -
4.1.1 Alkalické kyanidové lázně	- 22 -
4.1.2 Alkalické bezkyanidové lázně	- 23 -
4.1.3 Slabě kyselé lázně	- 24 -
5) Povrchové úpravy po galvanickém pokovení	- 26 -
5.1 Vyjasňování galvanického zinku	- 26 -
5.2 Chromátování	- 26 -
5.3 Utěsnění lakem	- 29 -
6) Oplach	- 30 -
7) Vany a příslušenství	- 32 -
7.1 Uspořádání van do linky	- 35 -
8) Návrh	- 36 -
8.1 Materiál pro výrobu van	- 36 -
8.2 Vybavení linky	- 36 -
8.3 Vany	- 37 -
8.4 Popis jednotlivých kroků	- 39 -
8.5 Chemie potřebná pro první spuštění	- 41 -
8.6 Kapacitní kalkulace	- 43 -
8.7 Cenová kalkulace	- 44 -
9) Závěr	- 46 -

10) Poděkování	- 48 -
11) Seznam použité literatury	- 49 -

Seznam použitých značek, symbolů a zkratek

Název	Značka	Jednotka
Teplota	T	°C
Čas	t	s, min
Délka	s	m
Hmotnost	m	kg
Elektrický proud	I	A
Elektrické napětí	U	V
Proudová hustota	J	A/dm ³

Demi voda	- Demineralizovaná voda (zbavená minerálů)
PP	- Polypropylén
pH	- Potenciál vodíku nebo vodíkový exponent
DPH	- Daň z přidané hodnoty

1) Úvod

Tato práce se zaměřuje na problematiku povrchových úprav pomocí galvanického pokovení. Uvádí klasické řešení této problematiky bez ohledu na toxickou závadnost, ale i nové moderní lázně bez látek, které mohou ohrožovat lidské zdraví.

Práce postupně rozebírá každý krok povrchové předúpravy a možnosti, jak se tyto kroky dají realizovat i jinými metodami. Vysvětluje podrobně samotný proces galvanického pokovení a jeho principy, rozebírá proces nanášení nových povrchových vrstev na předměty, které je potřeba pokovit. Práce uvádí výhody a nevýhody různých typů galvanických lázní pro zinkování a přípravky, ze kterých se tyto lázně dají připravit.

K zajištění dobrých vzhledových a protikorozních vlastností po nanesení zinkové vrstvy jsou důležité i další kroky, proto jsou v práci uvedeny i povrchové úpravy, které následují po galvanickém nanesení zinkové vrstvy. Mimo samostatných chemických procesů uvádí tato práce i možnosti, jak realizovat kroky mezi chemickými lázněmi, jako jsou oplachy. V části týkající se linek pro galvanické pokovení je zpracována realizace jednotlivých van pro lázně a oplachy z hlediska materiálu a konstrukce. Příslušenství a tvarové uspořádání van je znázorněno pomocí obrázků a jejich popisů.

Samotný teoretický návrh je vypracován tak, aby byl výsledný povlak co nejvíce odolný vůči korozním vlivům, a zároveň byl i vizuálně dostačující pro zákazníky. Práce dále navrhuje přibližný tvar a rozměr linky a podle jejího uspořádání navrhuje také chemii pro celou linku s ohledem na moderní trendy v galvanickém zinkování. Z návrhu technologického postupu vychází kapacitní propočty linky. Cenová kalkulace je vypracována pro pořízení linky v provozuschopném stavu.

2) Technologické postupy

Technologické postupy jsou pro různé druhy lázní. Každá lázeň vyniká jinými vlastnostmi výsledného povlaku. Zdroj technologických postupů je uveden v použité literatuře pod označením. [1]

2.1 Pro slabě kyselé zinkovací lázně:

- 1) Hrubé odmaštění v alkalické odmašťovací lázni
- 2) Dvoustupňový oplach
- 3) Moření v případě zkorodovaného nebo zokujeného povrchu
- 4) Elektrolytické odmaštění katodické
- 5) Elektrolytické odmaštění anodické
- 6) Ekonomický oplach
- 7) Dvoustupňový oplach
- 8) Aktivace (dekapování) v kyselině
- 9) Dvoustupňový oplach
- 10) Zinkování v lázni
- 11) Dvoustupňový oplach
- 12) Vyjasnění
- 13) Dvoustupňový oplach
- 14) Chromátování
- 15) Oplach dvoustupňový
- 16) Oplach v demivodě
- 17) Utěsnění lakem
- 18) Oplach v demivodě
- 19) Sušení

2.2 Pro alkalické kyanidové zinkovací lázně:

- 1) Hrubé odmaštění v alkalické lázni
- 2) Dvoustupňový oplach
- 3) Moření v případě zkorodovaného nebo zokujeného povrchu
- 4) Dvoustupňový oplach
- 5) Elektrolytické odmaštění katodické
- 6) Elektrolytické odmaštění anodické
- 7) Dvoustupňový oplach
- 8) Aktivace (dekapování) v kyselině
- 9) Dvoustupňový oplach
- 10) Aktivace (dekapování) v kyanidu
- 11) Zinkování v kyanidové lázni
- 12) Ekonomický oplach
- 13) Dvoustupňový oplach
- 14) Vyjasnění
- 15) Oplach v demivodě
- 16) Chromátování
- 17) Dvoustupňový oplach
- 18) Utěsnění lakem
- 19) Horký oplach
- 20) Sušení

2.3 Pro alkalické bezkyanidové zinkovací lázně:

- 1) Hrubé odmaštění v alkalické odmašťovací lázni
- 2) Dvoustupňový oplach
- 3) Elektrolytické odmaštění katodické
- 4) Elektrolytické odmaštění anodické
- 5) Dvoustupňový oplach
- 6) Dekapování v kyselině
- 7) Dvoustupňový oplach
- 8) Alkalický neutralizační oplach

- 9) Zinkování v lázni
- 10) Dvoustupňový oplach
- 11) Vyjasnění v kyselině
- 12) Chromátování
- 13) Dvoustupňový oplach
- 14) Horký oplach v demivodě
- 15) Utěsnění lakem
- 16) Oplach v demivodě
- 17) Sušení

3) Povrchové předúpravy

Pro galvanické pokovení je nejdůležitější povrchová předúprava, na které záleží, jak bude vypadat a jak kvalitní bude výsledný povlak. Celý proces povrchových předúprav je soubor více po sobě jdoucích operací tak, aby byla zaručena dostatečná kvalita a čistota podkladu, na který se bude nanášet povlak pomocí galvanické lázně.

Povrch před pokovením by měl být elektricky vodivý, zcela zbaven nečistot, elektrochemicky aktivní a co nejvíce homogenní. [3]

Nečistoty na povrchu rozdělujeme na dva druhy. Cizí nečistoty a nečistoty vzniklé reakcí se základním materiálem. Cizí nečistoty jsou na povrchu a ulpívají na něm pomocí adheze a adsorpcí. Jsou to mastnoty a nečistoty od obrábění a brusné přípravky, jako například pasty při leštění atd. Nečistoty vzniklé reakcí jsou na povrch vázány chemickou reakcí a chemisorpcí. Jedná se o korozi, okuje, lubrikanty, inhibitory koroze atd. [3]

Povrch může být zbaven těchto nečistot různými způsoby. Mechanicky, fyzikálně-chemicky nebo kombinací obou způsobů.

Mechanicky se nečistot zbavíme pomocí otryskávání, broušení, kartáčování, omílání, leštění atd. Cílem mechanických operací je zbavit se rzi, okují, otřepů, mechanicky a tepelně ovlivněné vrstvy na povrchu a zbavit se zbytkového pnutí. Jako další se snižuje drsnost povrchu a jeho pórovitost. Mechanického zpracování se využívá i jako

dekorativního nástroje, kdy se povrch sjednotí a má stejný vzhled po celé ploše. K těmto dekorativním způsobům se využívá broušení a kartáčování. Pro dosažení saténového povrchu se dá využít hydrofinišování a balotínování. [3]

Fyzikálně chemické operace jsou odmaštění, moření, aktivace atd.

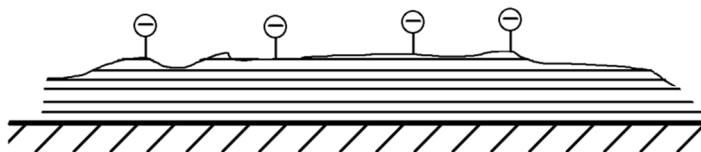
3.1 Odmaštění

Jedná se o proces, který má za úkol zbavit povrch součástí mastného filmu. Toho lze dosáhnout za použití různých prostředků, jako jsou:

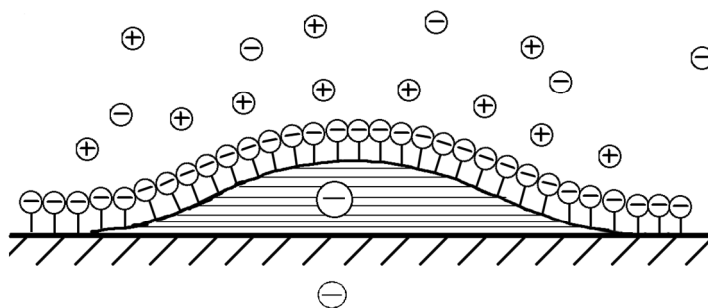
- alkalické odmašťovací roztoky
- organická rozpouštědla
- elektrolytické odmaštění
- opalování

Odmaštění se dá rozdělit i podle způsobů aplikace na ruční, ponorné nebo postřikové. Odmaštění ponorem je odmaštění elektrolytické, odmaštění v alkalických lázních, odmaštění za použití ultrazvukem. Postřikové odmaštění se rozděluje na tlakové mytí, odmaštění parou a odmaštění kondenzační. [3]

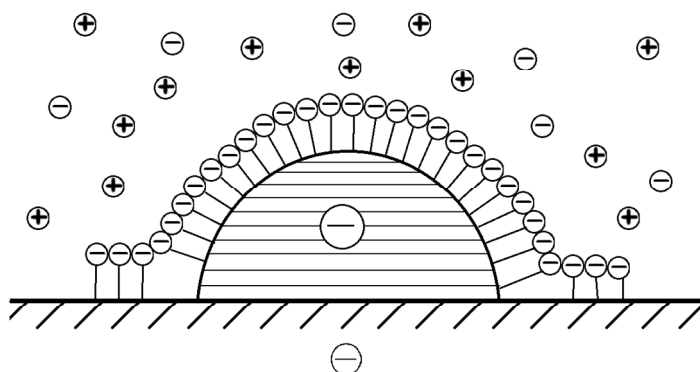
Z hlediska technologického se rozdělují procesy na jednoúčelové lázně, univerzální lázně a lázně pro sdružení operace, kde se kombinuje odmaštění s moření, odmaštění s fosfátováním, odmaštění s aktivací před fosfátováním, odmaštění s pasivací nebo s inhibicí, odmaštění s omíláním nebo leštěním, odmaštění s desinfekcí.

Fáze odstranění mastnoty z povrchu kovu:

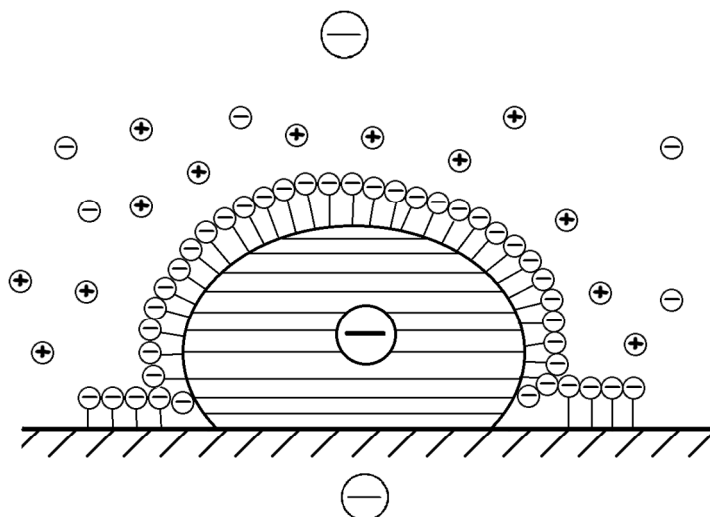
Obr. 3.1.1 – Adsorpce tenzidů na povrch mastnoty a snížení viskozity mastnoty [3]



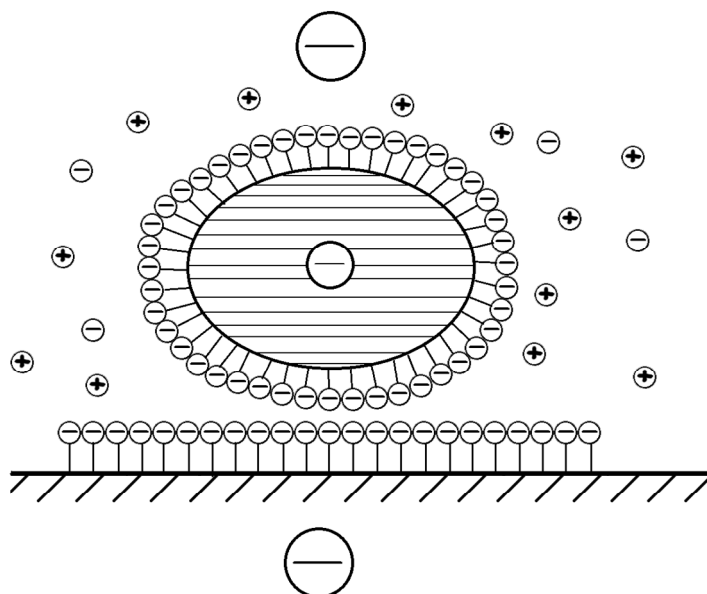
Obr. 3.1.2 – Zvlnění filmu mastnoty vlivem snížení mezifázového povrchového napětí [3]



Obr. 3.1.3 – Odhalení volného povrchu kovu a jeho obsazování povrchově aktivními látkami [3]



Obr. 3.1.4 – Zmenšování povrchu kapky mastnoty vlivem snižování povrchového napětí a tvorba stabilní micely[3]



Obr. 3.1.5 – Izolace stabilní micely a její vypuzení elektrostatickými silami z povrchu kovu, emulzifikace mastnoty[3]

Proces odmaštění v alkalických roztocích je složitý, biologické mastnoty se neutralizují a přecházejí do alkalických roztoků v podobě rozpuštěného mýdla. Minerálních mastnot se zbavujeme obtížněji, a to z důvodu, že se nemýdlovatí. Ale při zvýšené teplotě se částičky minerálních olejů emulgují do malých kapiček v alkalickém odmašťovacím roztoku. [2]

Organická rozpouštědla se tolik nevyužívají, z důvodu uvolňování uhlovodíků při odpařování rozpouštědel.

Elektrolytické odmaštění je neúčinnější způsob odmaštění, kdy se odmašťuje jak za pomoci chemických roztoků, tak i za přispění fyzikálních dějů, které probíhají při elektrolýze na povrchu odmašťovaných součástí. [2]

Při opalování se zbavujeme mastnoty tak, že ji spálíme. Mastnoty se zbavíme, ale na povrchu nám zůstanou spálené nečistoty.

Pro urychlení odmašťovacích procesu se dá použít i ultrazvuk. Ten za pomoci vysokofrekvenčních kmitů napomáhá emulgaci v alkalických roztocích.

Pro galvanické pokovení se v linkách zařazuje jak hrubé chemické odmaštění, tak i elektrolytické odmaštění anodové i katodové.

3.1.1 Hrubé chemické odmaštění

Má za úkol zbavit materiál nejhrubších mastných nečistot jako jsou například konzervační oleje, mazací media při tváření atd. Toto odmaštění se provádí formou chemického odmaštění pomocí alkalických odmašťovacích přípravků. Tyto prostředky se dají většinou použít, jak pro ponorné, tak i postřikové odmaštění. Některé přípravky jsou určeny i pro ultrazvukové čištění, při kterém dochází k nejvyšší účinnosti odmaštění.

Pro použití základního materiálu z ocele nebo litiny se dá použít přípravek Pragolod 57N. Tento silně alkalický přípravek je nízkopěňivý se střední emulgací. Aplikace se provádí ponorem nebo postřikem. Jeho hlavní nasazení je tam, kde se používají biologicky odbouratelné oleje na rostlinné bázi. Při aplikaci postřikem výrobce doporučuje koncentraci 0,5 až 3 %, při teplotě 55 až 80 °C po dobu 30 sekund až 3 minut. Pro ponorné odmaštění je doporučená koncentrace přípravku mezi 1 až 6 % při pracovní teplotě 60 až 85 °C. Pokud používáme ponorné odmaštění v kombinaci s ultrazvukem, tak se sníží koncentrace na 0,5 až 3 %, a teplota bude o 5 °C nižší, takže bude mít hodnoty mezi 55 až 80 °C, doba odmaštění je 1 až 3 minuty. Čas, který je potřebný pro odmaštění, je závislý na pracovní teplotě, na koncentraci přípravku a hlavně na míře znečištění součástí, které chceme zbavit mastnoty. [1]

Pokud se chceme zaměřit i na jiné základní kovy součástí než je ocel a litina, například na hliník, měď nebo jejich slitiny, je vhodné použít přípravek Pragolod 86. Tento přípravek je středně alkalický, obsahuje biologicky odbouratelné tenzidy, které jsou nízkopěňivé. Tyto tenzidy zaručují dobrý účinek pro odmaštění. Pro postřikovou metodu se doporučuje koncentrace 1 až 5 % a teplota 55 až 80 °C. Ponorné odmaštění je při koncentraci 1 až 5 %, při teplotě 60 až 85 °C, ale při použití ultrazvuku je koncentrace 1 až 3 % a teplota 55 až 80 °C. [1]

Při použití ultrazvuku je sice vyšší počáteční investice, ale při dlouhodobém provozu zajistí úsporu energie. Energii uspoří tím, že se lázeň můžeme ohřívat na nižší teplotu při zachování stejného času se stejným výsledkem, co se týče odmaštění. Musí se dále zajistit, aby se zboží pohybovalo. [3]

3.1.2 Elektrolytické katodické a anodické odmaštění

Elektrolytické odmaštění je nejdůkladnější proces pro odstranění mastnoty. Je to poslední odmašťovací proces pro galvanický nanášené povlaky. Jedná se o alkalické lázně, při kterých dochází i k mechanickému odmaštění, které provádí uvolňující se vodík nebo kyslík v závislosti na polaritě. Při katodickém zapojení pomáhá odmaštění nečistot uvolňující se vodík. Tento vodík vniká do povrchu materiálu a může nastat vodíková křehkost. Při anodickém zapojení se vylučuje kyslík, který napomáhá odstranění mastnoty. Nejvíce účinné je zapojení katodické a následně anodické. Časový poměr mezi katodickým a anodickým odmaštěním je asi 3:1. Používají se dva druhy lázní, s obsahem kyanidu a bezkyanidové lázně.

Existuje i reverzní odmaštění, kde se střídá v intervalu katodické a anodické zapojení zboží. Výhodou je to, že se provádí anodické i katodické odmaštění v jedné lázni a na jeden ponor. Nevýhodou je možnost zpětné chemisorpcí ionogenních povrchově aktivních látek a složitější zdroj reverzního proudu. [2,3]

Kyanidové lázně jsou účinnější, ale jsou po ekologické stránce vysoce problematické vzhledem k toxicitě a nutné neutralizaci, která je nákladnější než při použití bezkyanidových přípravků. Zde je ale výhodou pracovní teplota, která se pohybuje při teplotě 18 až 20 °C a také nižší proudové nároky. [2]

Bezkyanidové lázně jsou ekologičtější, co se týče likvidace. Co se týká provozu je nutná pracovní teplota kolem 80 °C a asi čtyři krát větší proudová zátěž, aby bylo dosaženo stejných výsledků v porovnání s kyanidovými lázněmi. [2]

Pro katodické odmaštění ocelí, mědi a jejich slitin se doporučuje použít přípravek Pragolod 60, který je silně alkalický. Pro elektrody se používá chrom-niklová korozivzdorná ocel. Poměr mezi plochou elektrod a plochou zboží je 1:2. Pracovní podmínky jsou při teplotě 70 až 80 °C. A čas potřebný pro dobrý výsledek je 1 až 2 minuty. [1]

Jako další přípravek se dá použít přípravek Pragolod 61, který je možno použít jak pro katodické, tak i anodické zapojení. Tento přípravek je silně alkalický. Používá se k odmaštění ocelí, mědi a jejich slitin. Poměr mezi plochou elektrod a plochou zboží je 1:2. Pro elektrody se používá chrom-niklová korozivzdorná ocel. Pracovní podmínky jsou za teploty 60 až 80 °C pro ocel a 50 až 70 °C pro barevné kovy. Čas expozice je pro katodické zapojení jedna až dvě minuty pro ocel a jedna minuta pro barevné kovy. Pro anodické zapojení čas pro ocel je půl minuty a pro barevné kovy patnáct sekund. [1]

Pro anodické odmaštění je možno použít Pragolod 66, který je silně alkalický. Je určený pro ocel. Také má schopnost odstranění náletové rzi z povrchu. Pro elektrody se používá chrom-niklová korozivzdorná ocel. Poměr mezi plochou elektrod a plochou zboží je 1:2. Pracovní teplota je 50 až 70 °C. Expoziční doba je třicet sekund až jedna minuta. [1]

3.2 Moření

Mořením kovů rozumíme odstraňování chemických nečistot, korozních zplodin z povrchu kovu chemickou reakcí. Nejčastěji používaným prostředkem jsou roztoky různých kyselin, které odstraňují korozní zplodiny rozpouštěním nebo převedením na sůl rozpustnou v mořicí lázni. [3]

Mořením se odstraní z povrchu produkty atmosférické koroze, okuje vzniklé vysokoteplotní oxidací, zmetkové kovové vrstvy například zinek nebo chrom, pasivační vrstvy a konzervační vrstvy jakou jsou fosfáty. [3]

Moření se využívá i pro leštění kovů, takzvané opalování, nebo pro zvýšení drsnosti povrchu leptáním, například před smaltováním. Pro selektivní leptání, například v elektrotechnice, se tímto procesem vyrábí tištěné spoje, nebo v tiskařském průmyslu se vyleptávají tiskařské štočky. [3]

Pro moření se využívají roztoky kyselin. Používá se kyselina sírová, kyselina chlorovodíková, kyselina fosforečná, kyselina dusičná, kyselina fluorovodíková, organické karboxylové kyseliny nebo různé směsi kyselin. [3]

Vysoce legované austenitické korozivzdorné oceli se moří za pomoci hydridového moření. To se provádí v tavenině hydroxidu s obsahem hydridu sodného. Hydrid sodný je velice silné reakční činidlo a redukuje oxidy částečně nebo až na základní kov. [3]

Při moření se vyvíjí vodík, který může difundovat krystalickou mřížkou kovu. To může vyvolat vodíkovou křehkost nebo puchýře, odprýskání povlaků, případně prasknutí kovů s vyšší pevností. Proto je důležité omezit navodíkování oceli. To se dá provést použitím správně zvolené kyseliny. Nejvíce navodíkovává kyselina sírová naopak nejméně navodíkovávají karboxylové kyseliny. Dále se navodíkování dá omezit přidáním mořících inhibitorů nebo zařazením do procesu odvodíkování oceli tepelným zpracováním po moření. Další alternativou je použití jiné technologie místo moření, například tryskáním nebo omíláním. [3]

Mořící inhibitory a tenzidy jsou látky, které zlepšující moření. Nejčastěji to bývají organické sloučeniny. Tyto sloučeniny snižují rychlost rozpouštění oceli až o 99 %, snižují navodíkování oceli, zabraňují přemoření oceli, odmašťují lehce zamaštěné povrchy, zlepšují oplachovatelnost zboží po moření a především prodlužují životnost mořící lázně. [3]

Pro galvanické pokovení se obvykle používá kyselina sírová nebo kyselina chlorovodíková.

Pro železné kovy je doporučeno použití lázně, která se skládá z kyseliny chlorovodíkové a přípravku Pragolod AC 200 nebo Pragolod AC 205 v poměru 1:1. Nebo

použití obou přípravků. Pracovní teplota je 20 °C a čas závisí na množství rzi nebo okují.
[1]

3.3 Dekap – Aktivace

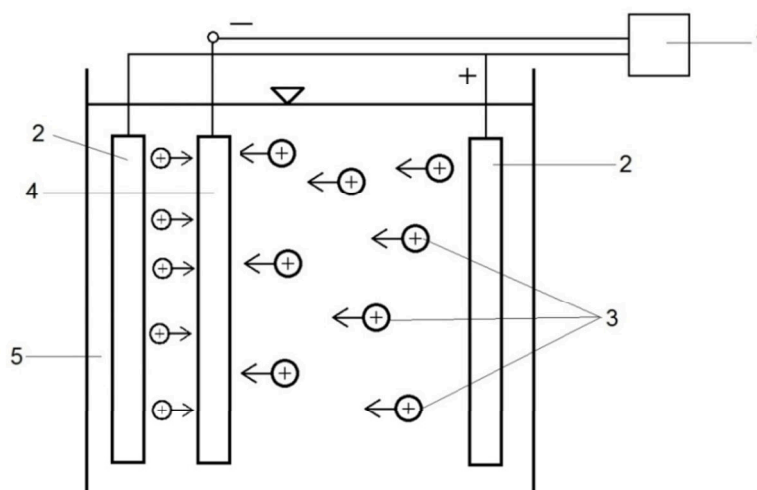
Dekap to proces, při kterém se povrch součástí aktivuje. Tento krok se zařazuje po elektrolytickém odmaštění a před vlastním pokovením. Dekapem se odstraní vrstva oxidů. Tyto oxidy mohou vzniknout při anodickém odmaštění. Jedná se v podstatě o speciální druh moření. Používají se zředěnější kyseliny bez inhibitorů a tenzidů. Většinou se používá kyselina sírová nebo chlorovodíková. Někdy se kombinuje aktivace v kyselém a poté v alkalickém prostředí.

4) Galvanické pokovení

Kovové vrstvy vylučované pomoci galvanického pokovení se nanášejí na povrchy, které musí být elektricky vodivé, a to jsou především kovy nebo jejich vrstvy. Galvanické povlaky se využívají jako protikorozi ochrana, dekorativní prvek a pro speciální použití, za účelem zvýšení tvrdosti, zvýšení ořezuvzdornosti, úpravy elektrické vodivosti, snížení tření atd. Těchto vlastností se dá docílit vylučováním čistých kovů nebo jejich slitin. Silnovrstvé galvanické pokovení slouží k renovaci opotřebovaných součástí nebo vytvoření skořepin. Vylučovat galvanické vrstvy je možné prakticky na všechny kovy a slitiny. Galvanické pokovení je rozšířenější než bezproudé pokovení.

Galvanické lázně jsou vodné roztoky, které obsahují rozpuštěné anorganické soli kovů. Z těchto rozpuštěných anorganických solí kovů se na katodě redukcí vylučuje z lázně kov. V ojedinělých případech se používají místo vodných roztoků organicky rozpouštědla nebo taveniny anorganických solí.

Schéma galvanického pokovení



Obr.4.1 – Schéma galvanického pokovení

- 1) Zdroj stejnosměrného proudu
- 2) Kladná elektroda – anoda
- 3) Kladně nabití ionty – kationty
- 4) Záporná elektroda – katoda, zboží
- 5) Elektrolyt – pokovovací lázeň

Kov, který chceme nanášet, se v lázních zajišťuje dvěma způsoby. [2]

První způsob je ten, že kov, který chceme nanášet, obsahuje lázeň, a z té se vytěžuje kov. Který se vylučuje na katodě, anoda je zde nerozpustná. To je zapříčiněno elektrolýzou roztoku, ve kterém je rozpuštěn kov. [2]

Druhý způsob je ten že se používají rozpustné anody z čistých kovů, které chceme aplikovat. Při tomto procesu se z anody uvolňují kladně nabití ionty kovů a volné elektrony. Kationty kovů jsou přitahovány na katodu, kde se slučují s volnými elektrony a vzniká kovový povlak. [2]

Ideální situace je ta, že se z lázni vylučuje pouze kov, ale tohoto stavu skoro nelze při běžném použití téměř dosáhnout. [2]

V praxi se z lázni běžně vylučuje kov a vodík.

Z hlediska fyziky je galvanické pokovení na katodě krystalickým procesem. Tento proces se dělí na:

- tvorbu zárodků krystalizačního procesu (nukleí), tento proces je spontánně řízen nukleační rychlostí
- růst zárodků kovů krystalizačního procesu, tento proces je řízen krystalizační rychlostmi v rovnoběžném směru k pokovovanému povrchu a v kolmém směru k pokovovanému povrchu[2]

4.1 Galvanické zinkování

Galvanické zinkování je, oproti jiným galvanickým povlakům, stále žádanější. Zinkováním v poslední době nahrazuje některé dekorační povlaky, a to především díky tomu, že následné chromátování dodává vzhled, který napodobuje bronz nebo chrom. Podoba povlaků se díky chromátům může i zabarvit do olivově zelené nebo černé, chromátové povlaky vytvářejí irizující vzhled. Pro dekorativní použití se na zinkový povlak s chromátovou vrstvou aplikuje lak. Tento lak je vodou ředitelný na bázi akrylátu, zvyšuje korozivní odolnost povlaku, a tím oddaluje vznik prvních korozních zplodin zinku na povrchu. [1,2,4]

4.1.1 Alkalické kyanidové lázně

Podle množství kyanidu v lázni je můžeme dělit na klasické s velkou koncentrací kyanidů, středně kyanidové a nízkokyanidové. Do klasických lázní se nemusí přidávat leskutvorná přísada, ale do nízkokyanidových musí být přidávána, aby se docílilo kompaktních povlaků. Leskutvorné přísady zlepšují i úbytek komplexních kyanidů a především upravuje hloubkový účinek, který je srovnatelný s klasickými lázněmi. Bez použití leskutvorných přísad u nízkokyanidové lázně se vylučuje místo kompaktní vrstvy pouze nekompaktní kovový prášek. [1,2,4]

Výhody:

- *Výborná hloubková účinnost*
- *Rovnoměrné rozložení tlouštěk Zn*
- *Vysoká stabilita provozu a nenáročnost na údržbu elektrolytu*
- *Vysoký výkon pokovování*

- *Malé nároky na předúpravu povrchu*
- *Dobré mechanické vlastnosti povlaku*
- *Pokovení litiny*
- *Málo citlivé na znečištění lázně [4]*

Nevýhody:

- *Vysoká toxicita lázně*
- *Horší vzhledové vlastnosti povlaku*
- *Navodíkování základního materiálu*
- *Vyšší náklady na likvidaci odpadních vod [4]*

Přípravky pro přípravu alkalické kyanidové lázně jsou dva. Pragopal Zn 310 je určen především pro závěsové pokovení a Pragopal Zn 320 je určen pro hromadné pokovení. Do těchto lázní se přidává jako leskutvorná přísada Pragopal Zn 304 a doplňuje se do lázní v závislosti na pracovních podmínkách a tvaru pokovovaného zboží. [1]

4.1.2 Alkalické bezkyanidové lázně

Základ těchto lázní tvoří hydroxyzinečnanový komplex. Pro souvislé povlaky musí lázeň obsahovat další komplexotorné látky. Bez přítomnosti těchto přísad se vylučuje kov s příměsí hydroxidu zinečnatého a solí, výsledná vrstva je velice pórovitá, jako houba. Dříve se za tímto účelem používaly především polyaminy, ty ale tvoří stabilní komplexy se zinkem, mědí a niklem, a tím způsobí problémy s likvidací odpadních vod. Využívají se tedy spíše kondenzační produkty polyetyleniminu nebo imidazolu, u kterých nejsou stabilní komplexy s kovy. Jako leskutvorné přísady se dají využít i organické látky. Výsledný povlak je velice lesklý. Jako organická leskutvorná přísada se dají použít deriváty kyseliny nikotinové nebo aromatické aldehydy nebo ketony.

V dnešní době používané bezkyanidové alkalické lázně obsahují komplexotvorné a leskutvorné přísady, které zaručují dobrou hloubkovou účinnost, dobrou vyrovnávací schopnost a velmi vysoký lesk. Alkalická nekyanidová lázeň obsahuje nejnižší koncentraci zinku ze všech zinkovacích lázní. Díky tomu je minimální výnos zinku do oplachů a následně při neutralizaci. Tyto lázně pomalu vytlačují kyanidové alkalické lázně. [1,2,4]

Výhody:

- *Výborná hloubková účinnost*
- *Výborná krycí schopnost povlaku*
- *Rovnoměrné rozložení tloušťek Zn*
- *Dobré vzhledové vlastnosti povlaku*
- *Nejnižší provozní náklady*
- *Nízké náklady na nasazení lázně*
- *Jednoduchá likvidace odpadních vod [4]*

Nevýhody:

- *Nižší vzhledové vlastnosti povlaku*
- *Nízká nebo negativní vyrovnávací schopnost*
- *Citlivé na nízké a vyšší teploty*
- *Změny tlakového pnutí povlaku po pokovování*
- *Navodíkování základního materiálu*
- *Lázeň je žíravina*
- *Lázně jsou citlivé na znečištění [4]*

Pro přípravu alkalických nekyanidových lázní se používají přípravky, jako jsou Pragopal Zn 3300, Pragopal Zn 3400 a Pragopal Zn 3700. [1]

Pragopal Zn 3300 je alkalická nízko-koncentrovaná lázeň, ze které se vylučuje lesklý zinkový povlak. Má dobrou hloubkovou účinnost a výbornou krycí schopnost, dá použít jak pro hromadné, tak i pro závěsové pokovení. [1]

Pragopal Zn 3400 je moderní lázeň pro zinkování. Vylučují se lesklé povlaky za různých pracovních proudových hustot, je vhodná pro závěsové i hromadné pokovení. Obsahuje nízkou koncentraci zinku, má vysokou hloubkovou účinnost a krycí schopnosti. [1]

4.1.3 Slabě kyselé lázně

Ve slabě kyselých lázních se zinek vylučuje ze slabých chlorokomplexů. Nezbytnou součástí lázní jsou tlumiče pH. Používá kyselina boritá, soli organických karboxylových kyselin a systém leskutvorných přísad. Základní složky lázně umožňují vylučovat celistvý

matný až pololesklý zinkový povlak od nízkých proudových hustot, zjemňují zrna vylučovaného zinkového povlaku a zlepšují hloubkovou účinnost. Pro snížení pěnivosti se do lázni přidávají tenzidové směsi, které dávají lázni stabilitu i při zvýšené pracovní teplotě. Pro dosažení vysokých lesků se přidávají organické přísady jako jsou aromatické ketony.

Slabě kyselé lázně mají nejkvalitnější povlaky, co se týče vzhledových vlastností, ze všech zinkovacích lázní. Díky nízkému uvolňování vodíku se omezuje navodíkování materiálu a tím se snižuje možnost vodíkové křehkosti u pevnostních a vysoko pevnostních ocelí. Díky nízkému přepětí se dá poměrně snadno pozinkovat i litina. Z hygienického hlediska jsou slabě kyselé lázně nejprůběžnější díky pH od 4,5 do 5.

Výhody

- *Nejlepší vzhledové vlastnosti povlaku*
- *Nejlepší vyrovnávací schopnost povlaku*
- *Vysoký katodový proudový výtěžek*
- *Výborná krycí schopnost povlaku*
- *Nízké navodíkování základního materiálu*
- *Levné provozní náklady*
- *Jednoduchá likvidace odpadních vod*
- *Nízká citlivost na vyšší pracovní teplotu*
- *Snadné pokovení litiny [4]*

Nevýhody

- *Nížší hloubková účinnost povlaku*
- *Nevhodné pro pokovení zboží s kapilárními štěrbinami*
- *Korozní napadení zboží na nepokovených místech povrchu*
- *Korozní napadení zařízení*
- *Hromadění železa v lázni a nutnost regenerací peroxidem vodíku nebo manganistanem draselným [4]*

Tam, kde se lázeň míchá katodovou tyčí, se nasazuje lázeň Pragopal Zn 367. Je určena pro hromadné i závěsové pokovení. Výsledný povlak je vysoce lesklý, má výbornou vyrovnávací schopnost, vynikající krycí účinek a dobrou hloubkovou účinnost. [1]

Pragopal Zn 372 je slabě kyselá zinkovací lázeň pro hromadné i závěsné pokovení. Lázeň má výbornou krycí schopnost, dobrou vyrovnávací schopnost a dobrou hloubkovou účinnost. Pokovení se dá provádět i při vyšších proudových hustotách. Tato lázeň se vyznačuje hospodárným provozem. [1]

Pragopal Zn 3700 je lázeň se zvýšenou pracovní odolností. Používá se jak pro hromadné, tak i pro závěsové pokovení. Lázeň je vysoce spolehlivá a má vysokou odolnost v pracovních podmínkách. Má jednoduchou obsluhu a údržbu. Díky přísadám v této lázni je možné pokovení heterogenních materiálů jako je šedá litina, pevnostní ocel, cementovaná ocel a kalená ocel. [1]

5) Povrchové úpravy po galvanickém pokovení

Tyto úpravy zvyšují korozivzdorné vlastnosti galvanicky naneseného kovu a zároveň zlepšuje jeho estetické vlastnosti.

5.1 Vyjasňování galvanického zinku

Jedná se o speciální druh moření v kyselině dusičné nebo ve směsích na její bázi. Vyjasněním se ze zinkové vrstvy odstraní hydrolytické produkty po galvanickém pokovení. Vyjasňováním se sjednotí a neutralizuje povrch před chromátováním. [3]

5.2 Chromátování

Je to proces, při kterém se vytváří ochranná pasivační vrstva. Tato je tvořená chromovými sloučeninami. Mohou obsahovat šestimocný chrom, který není příznivý pro lidské tělo. Šestimocný chrom je nebezpečná látka, která je karcinogenní a mutagenní. Proto se musí při manipulaci s chromátovacími lázněmi a přípravky používat

ochranné pomůcky a zabránit úniku většího množství této látky do vody nebo půdy. Zinkový a pozinkovaný povrch chrání před atmosférickou korozí a zabraňuje tvorbě bílé rzi. Mimo toho, že se zvyšuje korozivzdornost, se může chromátováním výrazně změnit vzhled zinkového povlaku. Proto se chromátovací přípravky dělí především podle barvy chromátového povlaku. Existují modré, žluté, olivově zelené, černé chromátovací přípravky. Dále se dá využít za zvýšením korozivzdornosti silnovrstvá pasivační vrstva. [1,2]

Modré chromátování vytváří lesklou namodralou vrstvu, která zvyšuje korozní odolnost zinkového povlaku. Přípravek Pragokor Zn 21 obsahuje šestimocný chrom a je určen pro zinkové povlaky vyloučené ze slabě kyselých, alkalických, nekyanidových i kyanidových zinkovacích lázní. Hlavní určení je pro ruční linky. [1]

Pro automatické linky je vhodný přípravek Pragokor Zn 22, který obsahuje šestimocný chrom a je určen pro zinkové povlaky vyloučené ze slabě kyselých, alkalických, nekyanidových i kyanidových zinkovacích lázní. Povlak je méně náchylný ke změnám barvy během déle trvajících nanášení. [1]

Pragokor Zn 25 K neobsahuje šestimocný chrom, je vhodný jako ostatní přípravky z řady Zn pro všechny druhy zinkových povlaků. Pracuje v širokém rozmezí expozičního času, proto je vhodný jak pro ruční tak automatické linky. Při srovnání s přípravky, které obsahují šestimocný chrom, má několikanásobně vyšší životnost a pozdější likvidace lázně není tolik finančně nákladná. [1]

Žluté chromátování vytváří vrstvu, která zvyšuje korozivzdornost. Různé přípravky mají různé vzhledy této vrstvy. Mohou být duhové žluté nebo pololesklé žluté až žlutohnědé vrstvy.

Mírně náchylný na změnu barvy při aplikaci je přípravek Pragokor Zn 32. Obsahuje šestimocný chrom. Je určen pro zinkové povlaky vyloučené ze slabě kyselých, alkalických, nekyanidových i kyanidových zinkovacích lázní. Vytváří žlutý duhový vzhled povlaku. Je vhodný pro ruční i automatické linky. [1]

S nízkým obsahem šestimocného chromu je přípravek Pragokor Zn 35 K. Pracuje při stejných podmínkách jako Pragokor Zn 32, jen obsahuje méně nebezpečného šestimocného chromu. Vytváří žlutou iridizující vrstvu na povrchu. [1]

Pragokor Zn 35 KZ obsahuje nízké množství šestimocného chromu, oproti přípravku Pragokor Zn 35 K je určen i pro pasivaci žárového zinku i galvanického zinku. Po usušení a 24 hodinovém vytvrzení je vrstva chromátu relativně tvrdá a není choulostivá na omak a otěr. Vytváří pololesklý žlutý až žlutohnědý povlak. Je vhodný pod nátěrové systémy a pro aplikaci práškového plastu, kvůli zvýšení přilnavosti chromátového povlaku. [1]

Olivově zelené chromátování se provádí ve dvousložkovém přípravku Pragokor Zn 62. Složky jsou označeny Pragokor Zn 62 I. a Pragokor Zn 62 II. Smícháním těchto složek vznikne chromátovací lázeň, která vytváří matné i lesklé vrstvy. Tyto vrstvy mají zelenou barvu, barva je dosažena organickými barvivy, proto se dá místo zelené vytvořit i lesklá šedá vrstva. Vzhled je srovnatelný s povlaky nátěrových systémů. Razantně se zvyšuje odolnost povlaku vůči korozním účinkům. Je možná aplikace na zinkové povlaky vyloučené ze slabě kyselých, alkalických, nekyanidových i kyanidových zinkovacích lázní. Použití je jak pro automatické linky, tak pro linky s ruční obsluhou. [1]

Černé chromátování se provádí podobně jako u olivového chromátování. Dvousložkový přípravek Pragokor Zn 51 vzniká ze složky Pragokor Zn 51 I. a Pragokor Zn 51 II. Smícháním těchto složek vznikne chromátovací lázeň, která vytváří sytě černou vrstvu. Matný nebo lesklý vzhled záleží na pracovních podmínkách a na kvalitě zinkového povlaku. Černý chromátový povlak výrazně zvyšuje odolnost vůči korozním vlivům. Aplikace je možná na zinkový povlak, který se vyjasní v kyselině dusičné a opláchne v demineralizované vodě, tím se zajistí stabilních a kvalitních výsledných povlak. Použití v ručních i automatických linkách. [1]

Silnovrstvá pasivace se provádí za cílem zvýšení korozivzdornosti. Přípravek Pragokor Zn 27 K neobsahuje šestimocný chrom. Vzhled vrstvy je lesklý, namodralý až modrozelený nebo modrofialový iridiscenční. Nanášet se dá i jiným způsobem jak elektrolyticky, ale není tak dokonalý vzhled povlaku. Silnovrstvá pasivace, na rozdíl od chromátových vrstev, není choulostivá na teplotu, proto je možno ji sušit při vyšší teplotě i nad 120 °C. Po 24 hodinovém ustálení je vrstva relativně tvrdá a není choulostivá na

omak a otěr. Vrstva není přizpůsobená pro měření tloušťky běžnými způsoby. Tloušťka se pohybuje v rozmezí 100 až 300 nm. [1]

5.3 Utěsnění lakem

Utěsnění se provádí nanesením vodou ředitelného laku ponorem. Vytváří se bezbarvá průhledná polymerní vrstva, která obsahuje univerzální inhibitory koroze, impregnační a hydrofobizující sloučeniny absorpční a modifikační látky pro stimulatory koroze.

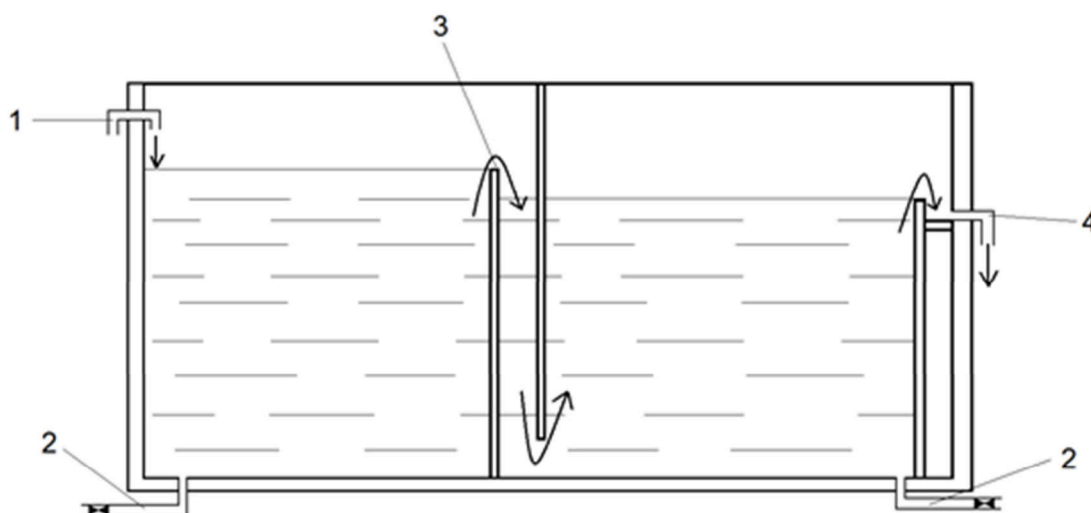
„Pragokor Seal Zn se přednostně používá pro ochranu chromátovaných a fosfátovaných povlaků zinku, slitinových zinkových povlaků a kadmia. Upraveným povrchům poskytuje zvýšenou protikorozi ochranu. Odolnost proti vzniku bílých korozních zplodin chromátovaných povlaků zinku zvyšuje při zrychlené zkoušce v neutrální solné mlze o 200-600 hodin. Dále sjednocuje vzhled chromátovaných povlaků a potlačuje iridiscenci chromátových vrstev. Laková vrstva vytvořená aplikací laku Pragokor Seal Zn vytváří konečnou úpravu dekorativních chromátovaných povrchů zinkových povlaků, která zajišťuje dlouhodobou stabilitu vzhledu upraveného povrchu.“ [1]

„Přípravek Pragokor Seal Si je slouží k utěsnění konverzních chromátových i bezchromanových pasivačních vrstev na zinkových a slitinových zinkových povlacích a utěsnění dalších konverzních vrstev, jako chromátových povlaků na hliníku a jeho slitinách, pasivovaných zinkových odlitcích apod. Pragokor Seal Si podstatně zvyšuje korozní odolnost konverzních povlaků a významně oddaluje počátek korozního napadení. Používá se zejména s bezchromanovými pasivačními roztoky a zvyšuje jejich odolnost v zrychlené korozní zkoušce v solné mlze o 200 - 400 hodin. Přípravek je možné aplikovat i v případech, kdy je zakázáno použít utěsnění na bázi vodouředitelných laků, například pro součásti brzdových a chladicích systémů a hydrauliky, kdy by odloupení utěšňovacího laku vlivem agresivních kapalin naplně systému, mohlo způsobit netěsnosti, ucpávání nebo selhání funkce výrobku. Přípravek Pragokor Seal Si je vodný, slabě mléčně zakalený koloidní roztok, který obsahuje nanočástice oxidu křemičitého. Při aplikaci z vodného prostředí kondenzují částice sólu oxidu křemičitého na povrch konverzní vrstvy a vytvářejí na jejím povrchu gelovou, bezbarvou, průhlednou vrstvičku. Při vysušení a dehydrataci gelové vrstvy se vytvoří prostorová síť silikátových sloučenin pospojovaná siloxanovými vazbami, která zvyšuje korozní odolnost, jak do objevení prvních korozních

zplodin zinku tak celkovou korozní odolnost povlaku. Tloušťka vrstvy se pohybuje podle pracovních podmínek a podkladové konverzní vrstvy od 0,3 až do 3 μm . Vrstvička také zvyšuje přilnavost nátěrových hmot. V případě aplikace vodouředitelných nátěrových hmot se zlepšuje rozliv nátěrové hmoty při stříkání.“ [1]

6) Oplach

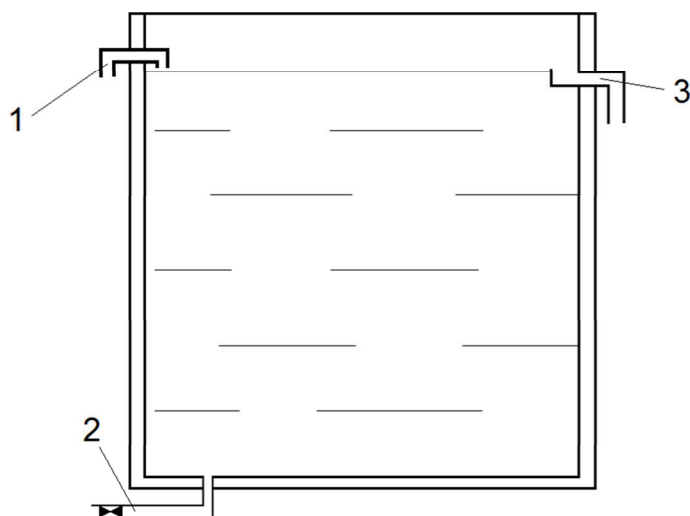
Oplachy se provádí proto, aby se do dalších lázní nedostávaly předchozí lázně. Oplach se provádí vodou nebo demineralizovanou vodou. Důležité oplachy se provádějí dvoustupňově a protiproudým oplachem, kde se první opláchnutí provádí ve vodě, která je více znečištěná, a druhé opláchnutí se provádí v čistější vodě.



Obr. 6.1 – Dvoustupňový protiproudý oplach

- 1) Přítok čisté vody
- 2) Vypouštěcí ventil pro úplné vypuštění
- 3) Přepad z druhého do prvního stupně
- 4) Odtok znečištěné vody

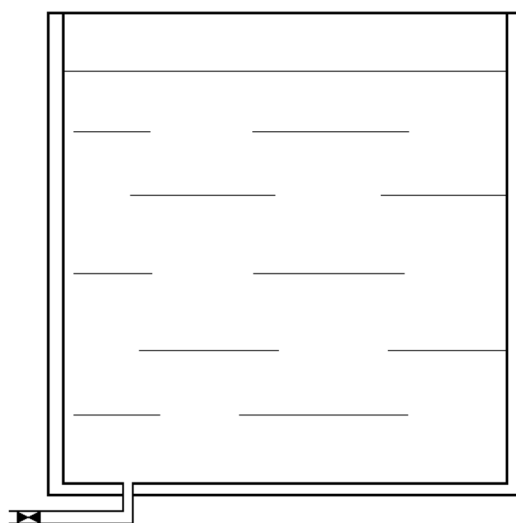
U některých operací se používá jednostupňový průtokový oplach demivodou.



Obr. 6.2 – Oplach jednostupňový průtokový (oplach v demivodě)

- 1)Přítok demivody
- 2)Vypouštěcí ventil
- 3)Odtok demivody

Za pokovovávacími lázeň se zařazuje ekonomický oplach. Jedná se o jedostupňový neprůtokový oplach.



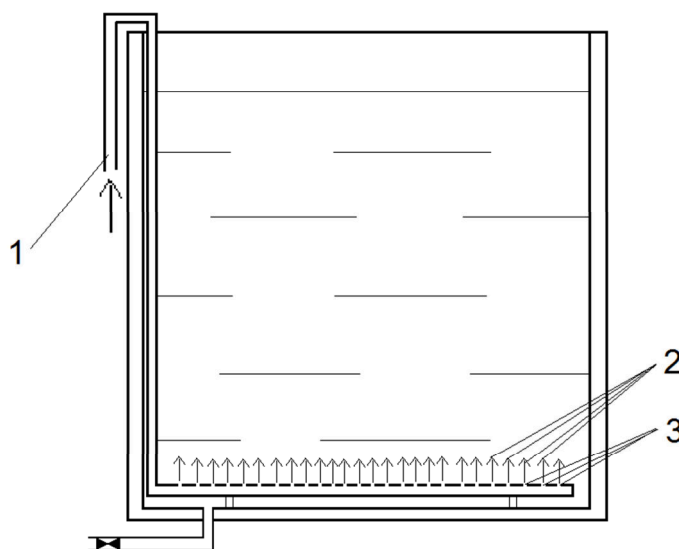
Obr. 6.3 – Ekonomický oplach

7) Vany a příslušenství

Vany se vyrábí z ocelových dílů, které se posvažují k sobě a následně se ocelová vana pokryje po celé ploše plastem, aby nemohlo dojít ke styku lázní s ocelí. Nejčastěji se používá plast na obalení PP. Dno by mělo být vyspádováno k vypouštěcímu ventilu, aby bylo možné vypustit celý obsah vany.

Na vrchní straně stěn jsou umístěna lůžka pro uložení tyče s navěšeným zbožím. U elektrolytických a galvanických procesů jsou tato lůžka vybavena kontakty.

Na dno van, kde je potřeba míchání lázní, se umísťují trubky s otvory, kterými prochází stlačený vzduch. Protože je vzduch lehčí jak lázně ve vaně, dochází k čeření lázně a tím i k jejímu míchání. Aby byla zaručena rovnoměrnost čeření u větších van, tak se rozestupy mezi dírami v trubkách mění. U přívodu vzduchu jsou rozestupy větší jak u konce trubky. Nebo jsou rozestupy stejné, ale mění se průměry otvorů v trubkách.

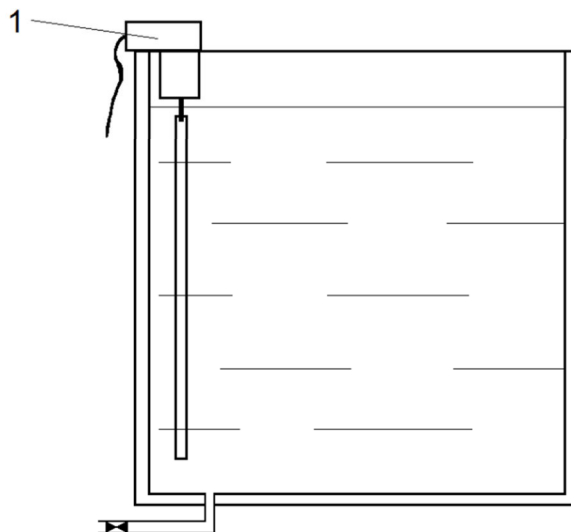


Obr. 7.1 – Míchání provzdušňováním

- 1) Vstup vzduchu
- 2) Vstup vzduchu
- 3) Provzdušňovací otvory

Kde je potřeba, aby byla lázeň zahřívána na provozní teplotu, tak se do vany umísťují topná tělesa, které vytápějí lázeň na požadovanou teplotu. Tyto topná tělesa by měla mít

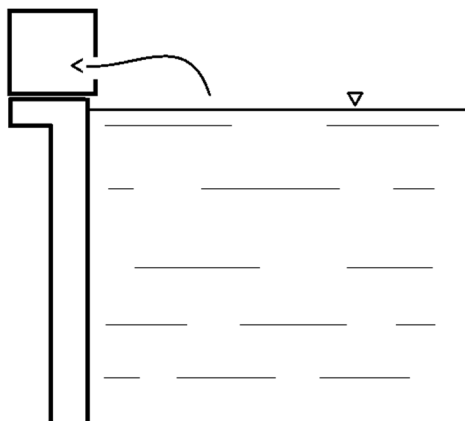
z bezpečnostních důvodů hlídání hladiny, aby nemohlo dojít k zapnutí topného tělesa, pokud není ponořené v lázni. V opačném případě by hrozilo riziko, že se těleso spálí nebo způsobit požár.



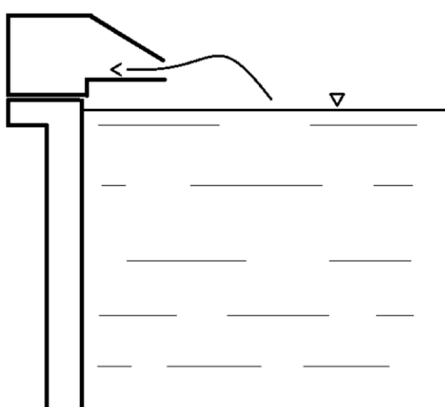
Obr. 7.2 – Topné těleso

1) Elektrické topné těleso

Pro odsávání výparů z lázní se používá odsávání, které je upevněno na okraji vany. Odsávací rámy jsou opatřeny otvory pro nasávání výparů a na jednom konci nátrubkem pro připevnění odsávací trubice. Na druhé straně je zátka, která umožňuje údržbu odsávacího rámu. Odsávací rám obsahuje pro odsávání výparů různě řešené otvory, nejčastěji při spodním okraji odsávacího rámu ve formě řady kruhových otvorů nebo drážek. Popřípadě se používají štěrbinové odsávací rámy. Z výrobního hlediska je nejlepší varianta s otvory podél spodního okraje, protože se pouze vyvrtají nebo vyfrézují otvory do jedné stěny, kdežto u štěrbinového odsávání je nutné při výrobě dodržet stejnou vzdálenost mezi spodní hranou a horní hranou štěrbin, kterou se nasávají výpary. Štěrbínové odsávání také zasahuje více za stěnu vany, takže se s tímto nevyužitým prostorem musí počítat při stanovení rozměrů vany.



Obr. 7.3 – Otvorové odsávání [2]



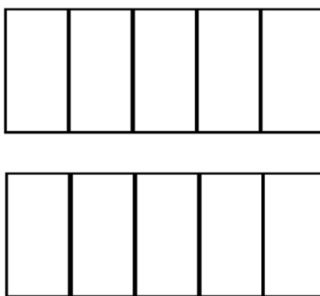
Obr. 7.4 – Štěrbínové odsávání [2]

Na boku vany jsou umístěny ventily, kterými je možno ovlivňovat průtoky tekutin. Množství vzduchu má vliv na rychlost míchání, ta by neměla být příliš pomalá ani příliš rychlá, ideální množství se určuje prakticky dle výsledků povlaku vystupujících z lázní. Množstvím vody, která protéká oplachem, se dá ovlivnit kvalita oplachu. Množství vody se nastavuje na optimální hranici mezi množstvím protékající vody a kvalitou opláchnutého povrchu na zboží.

Pokud je linka určena pro větší závěsy, se kterými by nebylo možno manipulovat manuálně, tak se nad linku umísťuje zvedací zařízení. Toto zařízení umožňuje manipulaci se závěsy mezi jednotlivými vanami v galvanické lince. Tyto jeřáby mohou být ovládány manuálně, pak se jedná o manuální linku. Pokud je jejich provoz řízen pomocí počítačového naprogramování, se jedná o automatickou linku, kde se obsluha stará pouze o navěšování a svěšování zboží.

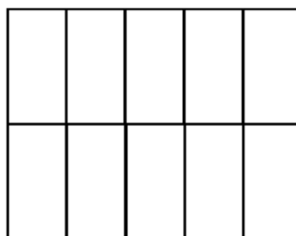
7.1 Uspořádání van do linky

Tvarové uspořádání je voleno podle místa, kde má být umístěna linka. Linka může mít tvar písmene U. Nevýhodou tohoto uspořádání je v tom, že při používání zvedacího zařízení k manipulaci, se musí závěs přesunout z konce jedné poloviny linky na začátek druhé půlky linky. Po cestě může ze zboží okapávat.



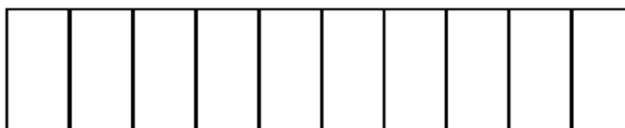
Obr. 7.5 – Tvar linky písmene U

Další tvarové uspořádání je podobné tvaru písmene U, ale u tohoto upořádání není mezi vanami prostor pro obsluhu. Linka je obsluhována z vnější strany.



Obr. 7.6 – Tvar linky upraveného písmene U

S ohledem na manipulační čas je nevýhodnější uspořádání v řadě. Při tomto uspořádání jsou minimalizovány časové ztráty, které jsou potřebné pro manipulaci. Z tohoto důvodu se většinou volí lineární uspořádání, které je nejlepší z hlediska manipulačního času mezi vanami.



Obr. 7.7 – Tvar linky v lineárním uspořádání

8) Návrh

8.1 Materiál pro výrobu van

Materiál linky bude polypropylen. Co se týče chemické stálosti, tak ta je velice dobrá, proto životnost linky bude několik desítek let. Vany budou vyrobeny pouze z polypropylenu, bez ocelové vnitřní výztuže, protože nebudou mít takový objem, aby se musely vyztužovat.

8.2 Vybavení linky

Linka bude obsluhována manuálně pomocí zvedacího zařízení, protože se bude jednat o střední linku. Vany budou takových rozměrů, aby v nich bylo možno pokovit zboží na závěsu.

Závěsy budou o rozměrech 80 cm na délku, 80 cm na výšku a s navěšeným zbožím maximálně 25 cm. Rozměry van budou přibližně 1 m na výšku, 1 m na šířku a 0,5 m na délku, sušící vana bude dlouhá 1,5 m.

Vany ve, kterých budou umístěny chemické lázně, musí být vybaveny odsáváním z důvodu odvodu výparů, které mohou negativně ovlivňovat lidské tělo.

U lázní, které potřebují být udržovány na provozní teplotě, která je výší jak pokojová teplota, musí být vany vybaveny topným registrem s automatickou regulací teploty, aby bylo možné lázně udržovat v optimálních teplotních podmínkách.

Pro lázně, kde je za potřebí míchání, bude umístěno zařízení pro míchání vzduchem, které je méně náročné na výrobu než například míchání pohybem katodové tyče.

Zdroj elektrického napětí bude zapotřebí pro elektrolytické odmaštění, kde je za potřebí speciální reverzní zdroj napětí. Další nutný zdroj napětí je pro zinkování, aby mohl být vylučován zinkový povlak.

8.3 Vany

Počet potřebných van se odvíjí od toho, kolik druhů zinkových povlaků budeme chtít nanášet. Navrhovaná linka bude určena pro slabě kyselou zinkovací lázeň s následnými povrchovými úpravami jakými je chromátování a utěsnění lakem. Chromátování bude možno provádět ve variantách černé nebo silnovrstvé pasivace. Jako poslední v lince bude vana pro sušení horkým vzduchem.

Pro úpravy, před vstupem do zinkovací lázně, bude potřeba čtyř van s chemií, třikrát dvoustupňový oplach a jednou ekonomický oplach. Pro nanesení zinkového povlaku je zapotřebí jedné vany s chemií a jeden dvoustupňový oplach. Pro povrchové úpravy po nazinkování bude zapotřebí jedné vany pro vyjasnění a dvoustupňový oplach, pro každý druh chromátu jedné vany pro chromát a dvoustupňový oplach. Pro lak je dobré mít dvě vany, z toho jedna vana s oplachem v demivodě a jedna vana s lakem. Pro sušení je potřeba jedné sušící vany. Celkem je potřeba 19 van, z toho je 7 van pro dvoustupňový oplach, takže je to v podstatě 14 van.

Objem jednotlivých van bude $0,5 \text{ m}^3$ a 1 m^3 pro vany, kde bude dvoustupňový oplach. Celkový objem kapalin galvanické linky bude $12,5 \text{ m}^3$. Z toho bude $4,5 \text{ m}^3$ chemických lázní a 8 m^3 oplachů.

U vany, kde bude chemie, bude po obou stranách umístěno odsávání, aby se výpary nešířily po hale, kde bude linka umístěna. Mezi potrubím a ventilátorem bude umístěn mezičlánek, který omezí vibrace a hluk přenášející se od ventilátoru, čímž se omezí hlučnost odsávání. Odsávané výpary budou procházet filtrací, aby se nedostávaly do ovzduší nežádoucí látky.

Vany budou upořádané podle následujícího schématu:



Obr. 8.3.1 – Schéma uspořádání linky

8.4 Popis jednotlivých kroků

- 1) Hrubé odmaštění bude prováděno v lázni Pragolod 57N. Pro dosažení nejlepších výsledků bude lázeň zahřívána na 70 °C a doba, po kterou bude prováděno odmaštění, se bude pohybovat v rozmezí 1 až 8 minut v závislosti na ploše a znečištění zboží.
- 2) Moření bude prováděno v 15% kyselině chlorovodíkové s přídavkem přípravku Pragolod AC 200 v poměru 1:1 a Pragolod AC 202 v koncentraci 1%. Pracovní teplota bude 20 °C a čas se odvine od stavu zboží, které vchází do mořicího procesu. Díky Pragolodu AC 200 je omezen únik aerosolů z mořicí lázně. Pragolod AC 202 snižuje navodíkování kovu a snižuje rychlost moření oceli asi o 92 %.
- 3) Elektrolytické odmaštění bude realizováno reverzně, aby byl proces co nejefektivnější. Odmašťovací přípravek bude použit Pragolod 61. Pracovní teplota bude 65 °C a doba expozice bude 1,5 minuty. Plocha korozivzdorných elektrod k ploše zboží bude 1:2, přibližně 500 x 500 mm na každé straně vany. Proudová hustota 10 A/dm² při napětí 7 V. Materiál, ze kterého budou vyrobeny elektrody, bude nerezová ocel AKVN.
- 4) Dekap se provede v kyselině chlorovodíkové v koncentraci 15 %. Doba ponoru je přibližně 20 sekund.
- 5) Slabě kyselá zinkovací lázeň Pragogal ZN 3700 bude vybavena zinkovými anodami. Poměr anodové plochy k ploše zboží by měl být 2:1, přibližně 300 x 700 dvakrát na každé straně vany. Anody musí být uloženy v anodových sáčcích a jejich horní okraj by měl být asi 5 cm nad hladinou lázně. Míchání bude realizováno vzduchem s průtokem 65 l vzduchu za minutu. Lázeň se skládá z chloridu zinečnatého, chloridu draselného, kyseliny borité, Pragogalu Zn 3701 a Pragogalu Zn 3702. Katodová proudová hustota musí být v rozmezí 0,5 až 7 A/dm² při napětí 2 až 8 V. Teplota lázně by měla být v rozmezí 15 až 45 °C. Při proudové hustotě 4 A/dm² a 22 °C je rychlost vylučování 1 μm/min. Pro nanesení dostatečné vrstvy je potřeba nechat zboží v lázni 15 minut.
- 6) Vyjasnění proběhne v 1% kyselině dusičné. Doba vyjasňování je 30 sekund.

7) Chromátování bude řešeno ve dvou variantách černé a silnovrstvé pasivaci.

a) Černé chromátování bude prováděno v přípravku Pragokor Zn 51. Pro přípravu lázně je za potřebí Pragokor Zn 51 I. a Pragokor Zn 51 II. V poměru 1:1. Lázeň je nutno promíchávat vzduchem v množství 10 l/minutu na každých 10 cm závěsu. Pro naši linku je to 80 l/minutu vzduchu. Pracovní teplota je mezi 17 až 25 °C a optimální teplota je 20 °C. Čas pro přenos chromátové vrstvy je 90 sekund.

b) Silnovrstvá pasivace se bude aplikovat v přípravku Pragokor Zn 27K. Výsledný povlak má barvu od namodralé přes modrozelenou až k modrofialové. Pro přípravu lázně je potřeba Pragokor 27K a Pragokor ZnFe. Lázeň je nutno promíchávat vzduchem v množství 10 l/minutu na každých 10 cm závěsu. Pro naši linku je to 80 l/minutu vzduchu. Pracovní teplota je 40 °C, kdy vzniká modrozelené zabarvení vrstvy. Doba expozice je 60 sekund.

8) Utěsnění lakem se bude aplikovat v přípravku Pragokor Seal Zn. Lázeň se připravuje zředěním koncentrovaného laku s demivodou, v poměru 250 ml koncentrátu na 1 l vody. Pro dosažení deklarovaných vlastností postačuje tloušťka 1 až 2 μm . Pro dosažení této tloušťky je aplikační doba 1,5 minuty. Pro zlepšení vzhledových vlastností se použije filtrace pro odstranění nečistot a kousků laku, který ztvdne na rozhraní mezi lakem a vzduchem. Filtrovat se bude přes silonovou punčochu. Pracovní teplota je v rozmezí 10 až 30 °C, optimální je 20 °C. Sušení probíhá při teplotě 80 °C po dobu 15 minut. Vana pro sušení bude mít prostor pro sušení dvou závěsů najednou. Nalakované předměty se mohou snímat ze závěsů až po ochlazení pod 30 °C, protože lak po vysušení je měkký a vytvrdí se až po ochlazení.

8.5 Chemie potřebná pro první spuštění

Pragolod 57N

Pro přípravu 0,5 m³ odmašťovací lázně je za potřebí 20 kg.

Kyselina chlorovodíková

Prodává se v koncentraci 35 %, abychom dosáhli koncentrace přibližně 15 %, musíme ji zředit demineralizovanou vodou. Protože se kyselina chlorovodíková používá pro moření a pro dekap, je potřeba 0,75 m³ 15 % kyseliny chlorovodíkové. Toto množství odpovídá 893 kg.

Pragolod AC 200

Pro přípravu 0,5 m³ mořící lázně je potřeba 50 kg přípravku.

Pragolod AC 202

Pro 1% koncentraci je za potřebí pro objem mořící lázně 0,5 m³ 5 kg přípravku.

Pragolod 61

Pro přípravu je 0,5 m³ roztoku na pracovní koncentraci budeme potřebovat 40 kg.

Kyselina dusičná

Kyselina je dostupná v koncentraci 50 %. Pro vyjasňovací lázeň je potřeba koncentrovanou kyselinu zředit demivodou na koncentraci 1 %. Potřebné množství je 0,5 m³, toto množství odpovídá 756 kg.

Pragokor Zn 27 K

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je zapotřebí 60 kg koncentráту.

Pragokor Zn 51

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je zapotřebí 40 kg Pragogalu Zn 51-1 a 40 kg Pragogalu Zn 51-2.

Pragokor ZnFe

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je potřeba 2,5 kg přípravku.

Pragokor Seal Zn

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je potřeba 125 kg Pragokoru Seal Zn.

Pragogal Zn 3701

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je potřeba 20 kg.

Pragogal Zn 3702

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je potřeba 1,5 kg.

Chlorid zinečnatý

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je potřeba 35 kg.

Chlorid draselný

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je potřeba 90 kg.

Kyselina boritá

Pro přípravu 0,5 m³ lázně je potřeba 15 kg.

8.6 Kapacitní kalkulace

Časová kalkulace je výpočet času potřebného pro aplikaci zinkové vrstvy s následnými dalšími vrstvami, které mají za úkol zvýšit korozní odolnost. Pro manipulaci mezi jednotlivými vanami bude počítáno s časem 15 sekund, vyzvednutí navěšeného zboží před linkou 10 sekund, u chromátování 5 sekund na pojezd, po sušení 20 sekund pro návrat před linku pro svěšení zboží.

Tabulka 8.6.1: Časy jednotlivých operací

Operace	Doba v lázni	Doba oplachu	Doba manipulace
1) Hrubé odmaštění	5 minut	20 sekund	55 sekund
2) Moření	Dle znečištění (přibližně 5 minut)	–	15 sekund
3) Elektrolytické odmaštění	1,5 minut	30 sekund	60 sekund
4) Dekap	20 sekund	20 sekund	45 sekund
5) Zinkovací lázeň	15 minut	20 sekund	45 sekund
6) Vyjasnění zinku	30 sekund	20 sekund	45 sekund
7) Chromátování černé*	90 sekund	30 sekund	50 sekund
7) Chromátování silnovrstvé*	60 sekund	30 sekund	50 sekund
8) Utěsnění lakem	1,5 minut	–	15 sekund
8) Sušení	15 minut	–	30 sekund
Celková doba	45,13 minut	2,83 minut	6,83 minut

*Vždy pouze jedna varianta chromátu

Celková doba celého procesu je 55 minut. Během jedné hodiny je tato linka schopna pokovit 4 závěsy a to díky tomu, že se jeden závěs ponechá v zinkovací lázni. Po dobu co je v lázni, se již pracuje s dalším závěsem v lince.

Maximální plocha, kterou je možno pokovit je $1,5 \text{ m}^2$. Tato plocha se odvíjí od plochy anod v zinkovací lázni.

Celková kapacita linky je 6 m^2 za hodinu.

Pro obsluhu této linky je zapotřebí 3 pracovníků. Jeden navěšuje zboží na závěsy, druhý svěšuje zboží ze závěsů a třetí pracovník manipuluje se závěsy na lince. Na vanách, kde je zapotřebí hlídat čas, budou umístěny stopky s odpočtem a zvukovým upozorněním při doběhnutí času.

8.7 Cenová kalkulace

Cena chemie pro nasazení se odvíjí od množství přípravků potřebných pro nasazení lázní a od množství přípravků v jednotlivých baleních.

Tabulka 8.7.1: Cenová a množstevní kalkulace

Přípravek	Potřebné množství v kg	Množství podle balení v kg	Cena kg/Kč (bez DPH)	Cena celkem (bez DPH)
Pragolod 57N	20	25	65,50	1 637,5
Pragolod 61	40	50	52,50	2 625
Pragokor ZN 51 I. díl	40	50	57	2 850
Pragokor ZN 51 II. díl	40	50	148	7 400
Pragokor Zn 27K	60	75	170	12 750
Pragokor Seal Zn	125	150	286	42 900
Pragokor ZnFe	2,5	20	89	1 780
Pragogal Zn 3701	20	50	80	4 000
Pragogal Zn 3202	1,5	50	90	4 500
Pragolod AC 200	50	50	46	2 300
Pragolod AC 202	5	20	108	2 160
Chlorid zinečnatý	35	50	35	1 750
Chlorid draselný	90	100	25	2 500
Kyselina boritá	15	25	35	875
Kyselina chlorovodíková 35%	893	1190	5,50	6545
Kyselina dusičná 50%	756	1512	6,50	9828
Anoda zinková	*	143	60	8580
Elektroda nerezová	**	32	79,87	2 555,84
				117 537

*Potřebné množství se spočítá z plochy anod a z tloušťky 1x0,5 m o tloušťce 10 mm. Dle objemu spočítáme hmotnost pomocí hustoty, která je 7,14 g/cm³.

** Pro nerezové elektrody je potřeba objednat celý plech o rozměrech 1x2 m o tloušťce 2 mm. Cena za jeden kus.

Cena chemie je 117 537 Kč bez DPH. Když přičteme cenu dopravy a další drobný materiál, dostaneme se na přibližně 130 000 Kč bez DPH.

Linka by podle odhadů firmy, která vyrábí zařízení pro galvanovny, mohla pohybovat kolem 2,3 milionů korun bez DPH. V ceně je zahrnuto zaměření linky, výroba linky, přeprava linky, montáž linky a příslušenství jako filtrace a odsávání.

Prvotní investice do provozuschopného stavu celé linky je přibližně 2 430 000 Kč bez DPH. Tato suma je pouze v případě že již máme neutralizační stanici a stanici na přípravu demineralizované vody.

Cena pro zákazníky by se mohla pohybovat od 4 do 8 Kč za 1 dm², v závislosti na požadovaném technologickém postupu a především množství kusů. Cenový odhad vychází z cen, které účtují jiné galvanovny v okolí, kde se pohybují.

9) Závěr

Ve vývoji zinkovacích lázní je patrná snaha o omezení používání nebezpečných látek jako jsou kyanidy. U chromátování se omezuje využívání šestimocného chromu, který se nahrazuje třimocným. Avšak u některých speciálních aplikací zatím nelze ani kyanid ani šestimocný chrom nahradit jinými látkami.

U odmaštění se omezuje odmaštění v organických rozpouštědlech, ze kterých se uvolňují uhlovodíky. Jejich nahrazování biologicky odbouratelnými látkami ovšem u galvanického provozu zatím není příliš možné a to z důvodu rychlosti, kvality a především ceny těchto ekologických přípravků. Převážně se proto využívá alkalických roztoků pro odmaštění, jak hrubé tak i elektrolytické.

Vývoj v moření kovů je v přidávání mořících inhibitorů a tenzidů do lázní, čímž se omezuje rozpouštění kovů, prodlužuje se životnost mořící lázně a není nutná její častá výměna a pozdější likvidace už použité lázně.

Chromátové vrstvy bez šestimocného chromu jsou náchylnější k dřívějšímu výskytu zárodků bílé rzi. Používá se proto následné lakování, které tuto nevýhodu odstraní a dokonce zvýší odolnost vůči prvním známkám bílé rzi.

Povrchová vrstva vycházející z navrhnuté linky je buď černá nebo zelenomodrá. Černé chromátování se používá na dílech, které jsou určeny pro automobilový průmysl. Silnovrstvá pasivace se dá zabarvit i do jiných odstínů, ale je nutné upravit pracovní teplotu a další pracovní podmínky. Silnovrstvá pasivace se používá u dílů, kde je potřeba co nejvyšší odolnost proti korozi.

Lakování je v návrhu především kvůli zvýšení korozivzdornosti. Mimo této vlastnosti se lakováním zvýší také přilnavost nátěrových systémů, pokud by se aplikovaly na tento povlak.

Celková kapacita linky by se dala zvýšit, kdyby se přidala druhá zinkovací lázeň. Musela by se ale rozšířit i sušící vana na dvojnásobnou velikost.

Obrázky, u kterých není uvedena citace, jsou obrázky z vlastní tvorby. U těchto obrázků jsem vycházel z vlastních zkušeností, které jsem získal z návštěv různých podniků, které se zabývají povrchovými úpravami.

10) Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Jitce Podjuklové CSc. za vedení při vypracovávání této bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat mému otci, díky kterému jsem se mohl navštívit podniky, které se zabývají různými povrchovými úpravami. V těchto podnicích mi bylo názorně ukazováno a vysvětleno, jak která technologie funguje, na co je potřeba si při povrchových úpravách dávat pozor a jak se vyvarovat různým chybám .

11) Seznam použité literatury

- [1] PRAGOCHEMA SPOL. S R.O. *Pragochema: přípravky pro odmašťování, fosfátování, galvanické pokovování* [online]. 2010 [cit. 2013-12-13]. Dostupné z: [HTTP://PRAGOCHEMA.CZ](http://PRAGOCHEMA.CZ)

- [2] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 150 s. ISBN 80-248-1217-7

- [3] SZELAG, Petr. *Příprava povrchu před pokovováním* [Prezentace]. 2011 [cit. 2014-1-3]

- [4] SZELAG, Petr. *Galvanické zinkování* [Prezentace]. 2011 [cit. 2014-1-15]